

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10173252 A

(43) Date of publication of application: 26 . 06 . 98

(51) Int. Cl

H01L 43/08
G01R 33/09
H01F 10/08
H01L 43/10

(21) Application number: 08353063

(22) Date of filing: 13 . 12 . 96

(71) Applicant:

TEIKOKU TSUSHIN KOGYO CO LTD

(72) Inventor:

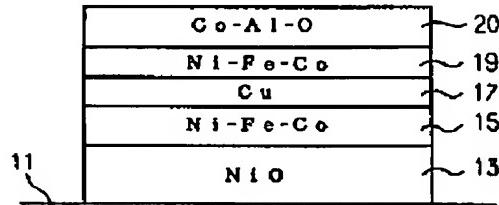
MITANI SEIJI
SAITOU KESAMI
FUJIMORI HIROYASU
ITO HARUO
YANAGIDA YASUHIKO

(54) MAGNETO-RESISTANCE EFFECT ELEMENT AND COPYRIGHT: (C)1998,JPO
MAGNETO-RESISTANCE SENSOR

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a large rate of magneto-resistance change from the magnetic field variation of a small external signal having a small hysteresis by laminating a magnetic layer having a high electric resistance on a magnetic layer which is not formed on an insulating antiferromagnetic layer.

SOLUTION: A magneto-resistance effect element is constituted by successively forming an insulating antiferromagnetic layer 13, a magnetic layer 15, a nonmagnetic conductor layer 17, and a magnetic layer on a nonmagnetic insulating surface 11 in this order by sputtering and a magnetic layer 20 having a high electric resistance on the magnetic layer 19. It is preferable to form the magnetic layer 20 by using a cobalt-aluminum oxide ($\text{Co}_x\text{Al}_{1-x}\text{O}_w$) and setting the (x) and (w) to meet such conditions that $50 \leq x \leq 85$ at.% and $10 < w < 50$ at.%. It is also preferable to use a nickel oxide for forming the insulating antiferromagnetic layer and a nickel-iron-cobalt alloy, nickel-iron alloy, cobalt, or cobalt-iron alloy for forming the magnetic layers, and then, copper for forming the nonmagnetic layer 17.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-173252

(43)公開日 平成10年(1998)6月26日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 43/08
G 01 R 33/09
H 01 F 10/08
H 01 L 43/10

識別記号

F I
H 01 L 43/08 Z
H 01 F 10/08
H 01 L 43/10
G 01 R 33/06 R

審査請求 有 請求項の数4 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平8-353063

(22)出願日 平成8年(1996)12月13日

(71)出願人 000215833
帝国通信工業株式会社
神奈川県川崎市中原区苅宿335番地

(72)発明者 三谷 誠司
宮城県仙台市太白区八木山緑町7-41-305

(72)発明者 齊藤 今朝美
宮城県仙台市青葉区みやぎ台2丁目16-6

(72)発明者 藤森 啓安
宮城県仙台市青葉区吉成2-20-3

(74)代理人 弁理士 熊谷 隆 (外1名)

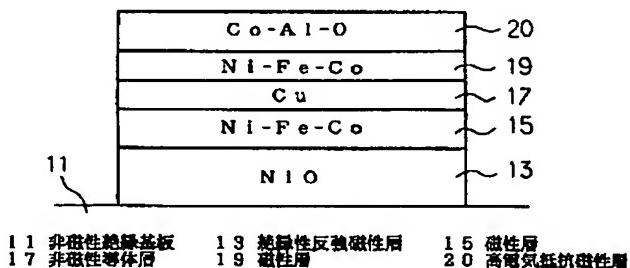
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗センサ

(57)【要約】

【課題】 ヒステリシスが小さくて小さい外部信号磁界の変化から大きい磁気抵抗変化率が得られる磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗センサを提供する。

【解決手段】 絶縁性反強磁性層13と磁性層15と非磁性導体層17と磁性層19とをこの順番で積層し、さらに絶縁性反強磁性層13と隣接しない方の磁性層19の上に高電気抵抗磁性層20を積層する。



本発明にかかる磁気抵抗効果素子の断面拡大図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性反強磁性層と磁性層と非磁性導体層と磁性層とをこの順番で積層してなる磁気抵抗効果素子において、

前記絶縁性反強磁性層と隣接しない方の磁性層の上に高電気抵抗磁性層を積層したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記高電気抵抗磁性層は、コバルトアルミニウム酸化物 $\{Co_xAl_{1-x}O_w\}$ であり、

且つ x と w は、

$$5.0 \leq x \leq 8.5 \text{ at \%} \quad 1.0 < w < 5.0 \text{ at \%}$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記絶縁性反強磁性層は酸化ニッケルであり、前記磁性層はニッケル・鉄・コバルト合金又はニッケル・鉄合金又はコバルト又はコバルト・鉄合金であり、前記非磁性導体層は銅であることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 請求項1又は2又は3記載の磁気抵抗効果素子を、少なくともその一部に用いてなることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はヒステリシスが少なくて良好な特性を具備する磁気抵抗効果素子及びこれを用いた磁気抵抗センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、磁界の変化を検出する素子として磁気抵抗効果素子が利用されている。そしてこの種の磁気抵抗効果素子としてスピナーバルブ型の磁気抵抗効果素子が提案されている。

【0003】 このスピナーバルブ型の磁気抵抗効果素子は、図8に示すように、非磁性絶縁基板11の上に、絶縁性反強磁性層13と磁性層15と非磁性導体層17と磁性層19とをこの順番で積層して構成されている。

【0004】 そしてこの磁気抵抗効果素子に平行な面内において磁界の方向を変化させた場合、図9に示すようなMR特性曲線 ($\Delta R/R - H$ 特性曲線) が得られる。なおこの実験にかかる従来例においては、絶縁性反強磁性層13として膜厚50nmの酸化ニッケルを用い、磁性層15として膜厚10nmのニッケル・鉄・コバルト合金を用い、非磁性導体層17として膜厚2.5nmの銅を用い、磁性層19として膜厚5nmのニッケル・鉄・コバルト合金を用いた。

【0005】 つまり磁気抵抗効果素子に対して磁界Hがその面方向に全く印加されていないか又はマイナス方向に印加されている場合は、抵抗値Rは略一定で変化しない。次に磁界Hがプラス方向に印加されていった場合は、磁界Hが+50(Oe)程度でその抵抗値Rが急峻なカーブで増加して所定の値に達し、それ以上プラス方

10

向へ磁界Hの強さを強くしても該抵抗値Rは一定で変化しなくなる。但し磁界Hが+250(Oe)を越える辺りから抵抗値Rは急激に減少して元に戻る。

【0006】 逆に磁界Hの強さを+400(Oe)辺りから小さくしていくと抵抗値Rはなだらかに増加して行き、磁界Hが-20(Oe)程度まで減少すると抵抗値Rは急激に低下してほぼ元の値に戻る。

【0007】 以上の現象は以下のように説明される。即ち図10(a)に示すように外部磁界Hが磁気抵抗効果素子の面方向に全く印加されていない場合に、上下の磁性層15, 19内の磁化の方向が同一方向を向いていたとすると、磁気抵抗効果素子の両端間の抵抗値は所定の抵抗値Rとなっている。

【0008】 次にこの磁気抵抗効果素子に磁性層15, 19内の磁化の方向と同一方向の外部磁界H1(マイナス方向を向く磁界)を印加した場合は、磁性層15, 19内の磁化の方向は変化しないので、磁気抵抗効果素子の両端間の抵抗値Rは殆どそのままで変化しない。

【0009】 一方図10(b)に示すようにこの磁気抵抗効果素子に反転した外部磁界H2(プラス方向を向く磁界)を印加した場合は、外部磁界H2が小さくても【この従来例では+50(Oe)程度】磁性層19内の磁化の方向は即座に反応してその磁化の方向を外部磁界H2の方向と同一方向に変化する。

【0010】 しかしながら前述のように下側の磁性層15の磁化の方向は、絶縁性反強磁性層13の交換バイアスの影響で反転しない。

【0011】 このため積層した2つの磁性層15, 19内部の磁化の方向が逆方向となるので、磁気抵抗効果素子の導電性のある磁性層15, 19及び非磁性導体層17内を電子が通過しにくくなり、抵抗値Rが増加する。

【0012】 なお更に外部磁界H2の強さを強くしていくば、磁性層15の磁化の方向もいつかは反転するので2つの磁性層15, 19内部の磁化の方向が同一となり、抵抗値Rは元の値に急激に戻るが、そのための外部磁界H2の強さはかなり大きく、この従来例においては+250(Oe)以上である。外部磁界の強さを弱くしていった場合も同様である。以上のことからこの磁気抵抗効果素子のMR特性は前記図9に示すものとなる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら前記自由に磁化の方向を変えられる磁性層19は、その厚みが薄いと磁化の強さが小さくなってしまい、下側の磁性層15や絶縁性反強磁性層13の磁界の影響及び表界面の影響に引きずられて外部磁界の変化に敏感に対応できず、図9に示すようにヒステリシスが大きくなってしまう。

【0014】 なお磁気抵抗効果が顕著に生じるのは磁性層19の非磁性導体層17との界面付近の部分なので、たとえ磁性層19の厚みを厚くして磁化の強さを大きくしようとしても、磁気抵抗効果に寄与しない部分が増え

30

40

50

て磁気抵抗効果に寄与しない電流が増大するだけなので効果的ではない。

【0015】そして従来のスピンドル型の磁気抵抗効果素子は、図9に示すようにそのヒステリシスが大きくて、その幅が100(Oe)程度あり、従って外部信号磁界の変化幅も100(Oe)程度以上のものを用いないと、4%程度の磁気抵抗変化率($\Delta R/R$)が得られない。

【0016】しかしながら実用的な外部信号磁界の変化幅は50(Oe)以下であり、上記従来例ではこの程度の外部信号磁界の変化幅では磁気抵抗変化率が小さくなってしまい、実用上対応できなかった。

【0017】本発明は上述の点に鑑みてなされたものでありその目的は、ヒステリシスが小さくて小さい外部信号磁界の変化から大きい磁気抵抗変化率が得られる磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗センサを提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため本発明にかかる磁気抵抗効果素子は、絶縁性反強磁性層と磁性層と非磁性導体層と磁性層とをこの順番で積層してなる磁気抵抗効果素子において、前記絶縁性反強磁性層と隣接しない方の磁性層の上に高電気抵抗磁性層を積層することによって構成した。これによって外部信号磁界の変化に対する応答性が良くなり、ヒステリシスも低下する。なお前記高電気抵抗磁性層として、コバルタルミニウム酸化物 $\{Co_{(1-x)}Al_{(1-x)}O_{(x)}\}$ を用い、且つ x と w とを、

$$50 \leq x \leq 85 \text{ at \%} \quad 10 < w < 50 \text{ at \%}$$

の条件を満足するように構成することが好ましい。また前記絶縁性反強磁性層として酸化ニッケルを用い、前記磁性層としてニッケル・鉄・コバルト合金又はニッケル・鉄合金又はコバルト又はコバルト・鉄合金を用い、前記非磁性導体層として銅を用いて構成することが好ましい。また本発明にかかる磁気抵抗センサは、前記磁気抵抗効果素子を、少なくともその一部に用いて構成した。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は本発明の1実施形態にかかるスピンドル型の磁気抵抗効果素子の断面拡大概略図である。同図に示すようにこの磁気抵抗効果素子は、非磁性絶縁基板11上に、スパッタリングによって絶縁性反強磁性体層13と磁性層15と非磁性導体層17と磁性層19とをこの順番で積層し、さらに磁性層19上に高電気抵抗磁性層20を積層することによって構成されている。

【0020】ここで非磁性絶縁基板11はガラス板によって構成されている。

【0021】次に絶縁性反強磁性体層13は膜厚50(nm)の酸化ニッケル(NiO)によって形成されて 50

おり、磁性層15は膜厚10(nm)のニッケル・鉄・コバルト合金(Ni-Fe-Co)によって形成されており、非磁性導体層17は膜厚2.5(nm)の銅(Cu)によって形成されており、磁性層19は膜厚2.5(nm)のニッケル・鉄・コバルト合金(Ni-Fe-Co)によって形成されており、高電気抵抗磁性層20は膜厚10(nm)のコバルタルミニウム酸化物(Co-Al-O)によって形成されている。

【0022】磁気抵抗効果素子を以上のように構成することによって、この磁気抵抗効果素子の面に平行な面内において磁界の方向を変化させた場合、図2に示すようなMR特性曲線($\Delta R/R-H$ 特性曲線)が得られた。なお抵抗値Rは磁気抵抗効果素子の両端間の抵抗値である。

【0023】同図に示すようにこの磁気抵抗効果素子によれば、その磁気抵抗変化率($\Delta R/R$)は4.2%と高く、またヒステリシスの幅も20(Oe)程度と小さく、さらに外部印加磁界が+100(Oe)程度印加されるまで安定している。

【0024】この現象は以下のように説明できる。即ち、磁性層19自体はその膜厚が薄いので、磁化の強さが小さい。しかしながらその上に形成した高電気抵抗磁性層20は磁性層19と同様に磁化されやすく、外部印加磁界の変化に敏感に反応して磁性層19と共にその磁化の方向を変化するので、その磁界を磁性層19に印加することができ、このため磁性層19の小さい磁化の強さを補強することができる。

【0025】このため磁性層19は下側の磁性層15や絶縁性反強磁性層13の磁界の影響に引きずられることはなくなり、外部印加磁界の変化に敏感に対応することができるようになる。

【0026】一方高電気抵抗磁性層20は抵抗値が高いのでこの内部を電流は殆ど流れない。つまり磁気抵抗効果に寄与する磁性層19の非磁性導体層17との界面付近の部分以外の部分の電流が増大することはない。

【0027】以上のことから磁気抵抗変化率を高くでき、また外部磁界の変化に敏感に対応してヒステリシスを小さくできるのである。

【0028】図3は本発明の一実施形態にかかる上記磁気抵抗効果素子を用いて構成した磁気抵抗センサ10の拡大斜視図である。同図に示すようにこの磁気抵抗センサ10は、非磁性絶縁基板11表面の一辺近傍に前記図1に示す構造の磁気抵抗効果素子を直線状に形成してなる磁気抵抗パターン21を設け、また非磁性絶縁基板11表面の別の辺にダミー抵抗パターン31を形成し、更に別の辺に3つの電極パターン41, 43, 45を形成し、電極パターン41をダミー抵抗パターン31の一端部に接続し、電極パターン43を磁気抵抗パターン21とダミー抵抗パターン31のそれぞれ接近する側の端部に接続し、電極パターン45を磁気抵抗パターン2

1の残りの端部に接続して構成されている。なおダミー抵抗パターン31は磁気抵抗パターン21と全く同一の構造・寸法に形成されている。

【0029】そして図4に示すように、この磁気抵抗センサ10を回転体40の外周側面近傍に設置する。なお回転体40の外周側面には回転方向に向けてN, S磁極が等間隔に交互に設けられている。このとき磁気抵抗センサ10の磁気抵抗パターン21を回転体40の外周側面に接近させ、且つダミー抵抗パターン31を該外周側面から離れた位置となるようにする。つまり磁気抵抗パターン21のみに回転体40の磁界が印加され、ダミー抵抗パターン31にはほとんど印加されないように設置する。

【0030】なおこの磁気抵抗センサ10には図5に示すような電気回路が接続される。つまり図3に示す電極パターン41を電源電圧Vccに接続し、電極パターン45をアースし、磁気抵抗パターン21とダミー抵抗パターン31の中点電位Vbとなる電極パターン43を取り出してコンパレータ50(シュミット・トリガ回路)に入力する。ダミー抵抗パターン31は磁気抵抗パターン21と温度計数を一致させることで温度によって中点電位Vbが変化しないようにするために設置されている。

【0031】そして図4に示す回転体40を回転すれば、磁気抵抗センサ10の磁気抵抗パターン21に入射する磁界の方向が周期的に略sin波形状に変化し、これによって図6に示すように磁気抵抗パターン21の抵抗値が略方形波形状に変化する。

【0032】従って図5に示す中点電位Vbも方形波形状となり、この出力電圧をコンパレータ50により正規の方波へと波形整形する。これによって回転体40の回転状態が検出できる。

【0033】ところで前記方形波形状の中点電位Vbの波形全体が上(又は下)に変動して、コンパレータ50の基準電圧Vaとの電位差が大きく(又は小さく)なったとしても、中点電位Vbの波形は略方形波状なので、コンパレータ50による電位の反転位置は中点電位Vbの電圧急変部分であることに変わりなく、従ってコンパレータ50の出力波形のON-OFF比はほとんど変化しない。

【0034】一方図4に示す磁気抵抗センサ10の磁気抵抗パターン21と回転体40の外周側面との離間距離Gが設計寸法よりも小さくなつて磁気抵抗パターン21に標準よりも大きい振幅の外部磁界が印加された場合、又は逆に離間距離Gが大きくなつて磁気抵抗パターン21に小さい振幅の外部磁界が印加された場合であつても、図6に示すように外部磁界の振幅が略20(Oe)~100(Oe)の範囲内であれば何れの場合の出力信号も標準の出力信号とほとんど同じで変化しない。

【0035】つまり本実施形態によれば、中点電位Vb

自体が変動したり、また回転体40と磁気抵抗センサ10の離間距離が変動したりしても、常に正確なコンパレータ50からの出力波形が得られる。

【0036】なお本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、以下のような種々の変形が可能である。

①磁気抵抗効果素子は図7に示すように、非磁性絶縁基板11上に、高電気抵抗磁性層20と磁性層19と非磁性導体層17と磁性層15と絶縁性反強磁性層13とをこの順番で積層することによって構成しても良い。このように構成した場合は上側の磁性層15が絶縁性反強磁性層13に接触することで下側の磁性層19に比べて外部磁界の変化の影響を受けにくくなり、上記実施形態と同様のMR特性を得ることができる。

【0037】②また磁気抵抗効果素子を構成する各層の材質としてはそれぞれ他の材料を用いても良く、例えば磁性層としてはニッケル・鉄・コバルト合金の他に例えればニッケル・鉄合金又はコバルト又はコバルト・鉄合金を用いても良い。

【0038】③また、高電気抵抗磁性層として、コバルト希土類酸化物、鉄希土類酸化物、鉄ハフニウム酸化物、鉄シリコン酸化物、コバルト鉄ボロン酸化物、コバルト鉄ボロンフッ化物などを用いても良い。

【0039】④上記実施形態では被検出体として回転体40を用いたが、直線状に移動するものであつても良いことは言うまでもない。

【0040】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明によれば、小さい外部信号磁界で大きい磁気抵抗変化率が得られ、更にヒステリシスも小さくできるという優れた効果を奏する。

【0041】また本発明にかかる磁気抵抗センサによれば、sin波形の外部磁場を直接方波信号に変換できるので、容易且つ正確に方波の出力信号が得られるという優れた効果を奏する。

【画面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施形態にかかるスピナーパルプ型の磁気抵抗効果素子の断面拡大概略図である。

【図2】本発明にかかる磁気抵抗効果素子のMR特性曲線図である。

【図3】本発明にかかる磁気抵抗効果素子を用いて構成した磁気抵抗センサ10の拡大斜視図である。

【図4】磁気抵抗センサ10の1使用例を示す図である。

【図5】磁気抵抗センサ10に接続される電気回路図である。

【図6】外部磁場と出力波形の関係を示す図である。

【図7】本発明の他の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の断面拡大概略図である。

【図8】従来のスピナーパルプ型の磁気抵抗効果素子の断面拡大概略図である。

【図9】図8に示す磁気抵抗効果素子のMR特性曲線図である。

【図10】磁気抵抗効果素子の動作原理説明図である。

【符号の説明】

10 磁気抵抗センサ

11 非磁性絶縁基板

* 13 絶縁性反強磁性層

15 磁性層

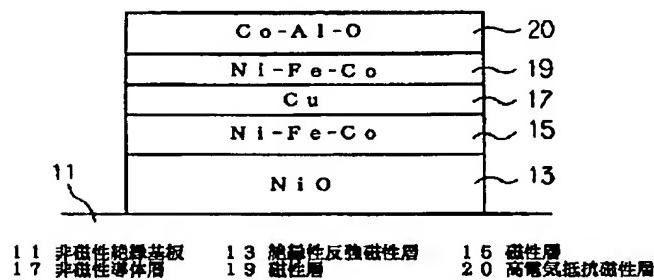
17 非磁性導体層

19 磁性層

20 高電気抵抗磁性層

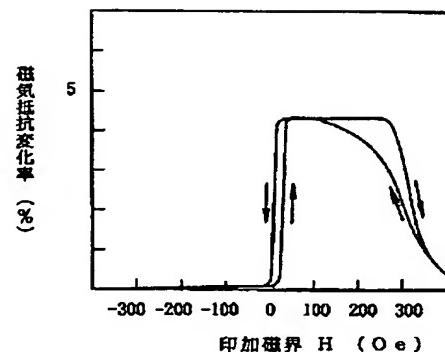
*

【図1】



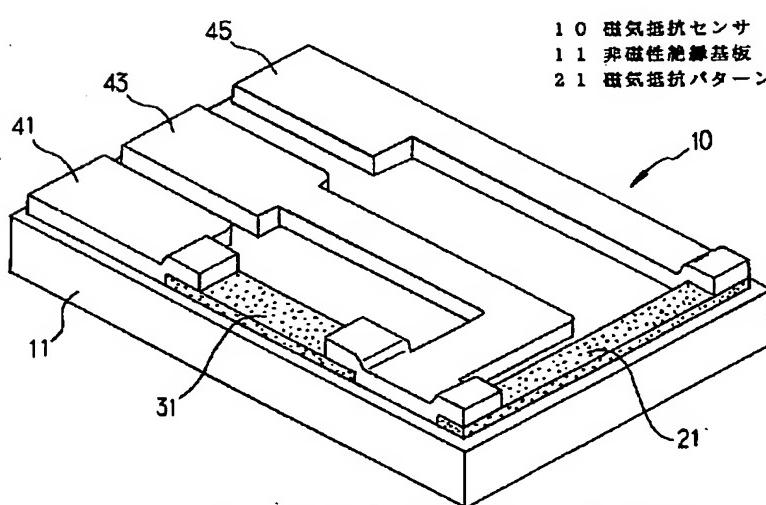
本発明にかかる磁気抵抗効果素子の断面拡大図

【図2】



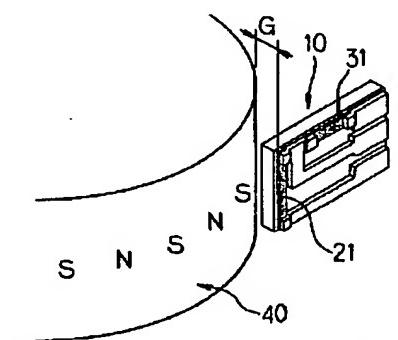
本発明にかかる磁気抵抗効果素子のMR特性曲線図

【図3】



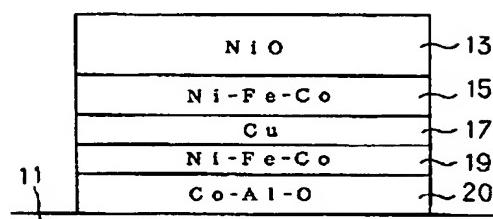
本発明にかかる磁気抵抗センサ10の拡大斜視図

【図4】



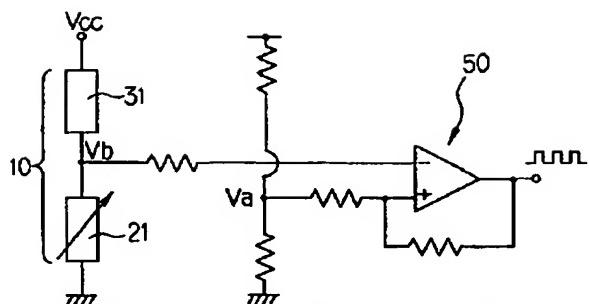
磁気抵抗センサ10の一使用例を示す図

【図7】



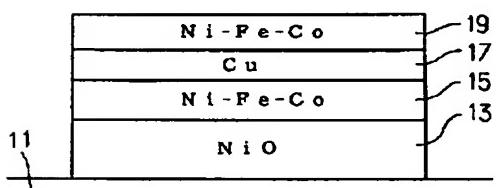
他の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の断面拡大図

【図5】



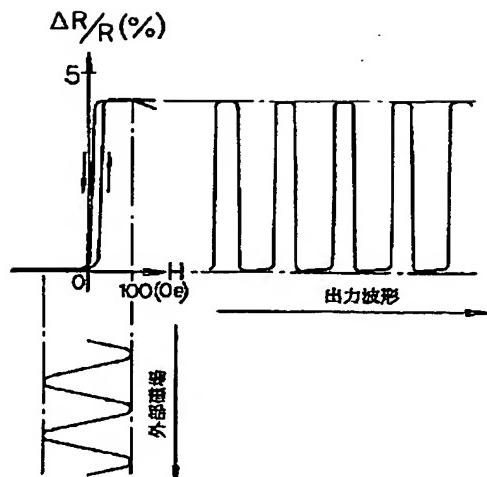
磁気抵抗センサ10に接続される電気回路図

【図8】



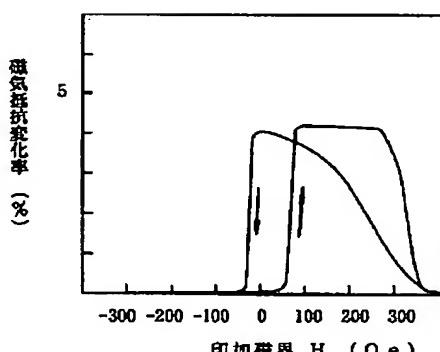
従来の磁気抵抗効果素子の断面拡大図

【図6】



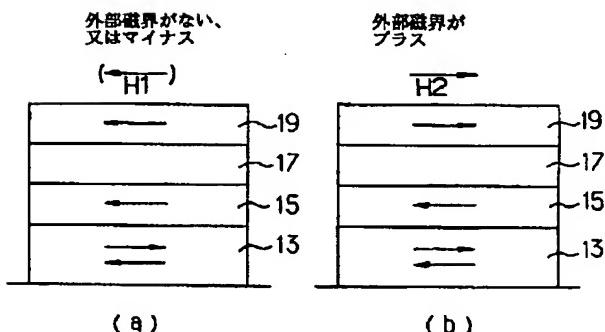
外部磁場と出力波形の関係を示す図

【図9】



従来の磁気抵抗効果素子のM-R特性曲線図

【図10】



(a)

(b)

磁気抵抗効果素子の動作原理説明図

フロントページの続き

(72) 発明者 伊藤 治雄
神奈川県川崎市中原区苅宿335番地 帝国
通信工業株式会社内

(72) 発明者 柳田 康彦
神奈川県川崎市中原区苅宿335番地 帝国
通信工業株式会社内